

## KÜLƏŞİN ELEKTROKİMYƏVİ İŞLƏNMƏSİNİN TƏDQIQI

S.O.MƏMMƏDOVA  
AKTN "Aqromexanika" ET İnstitutu

Heyvandarlıqda yemləmədə istifadə olunan küləşin əhəmiyyəti qeyd edilməklə kimyəvi tərkibi verilmişdir. Küləşin qidalılıq dəyərinin artırılması məqsədilə küləşin elektrokimyəvi işlənməsinin tədqiqi üçün eksperimentin riyazi planlaşdırılması əsasında təcrübələr aparılmış, riyazi model qurulmuşdur. Burada eksperiment üçün 2...4 sm ölçüdə xırdalanmış buğda, arpa və vələmir küləşi götürülmüşdür. Nəticədə təcrübə tədqiqatlarla, dənli bitkilərin küləşinin eksperimental sxemə əsaslanan qurğuda elektrokimyəvi işlənməsi zamanı yüksək reduksiya maddə çıxımı (xammal kütləsinə görə) 6,0...6,3%, o cümlədən qlükoza (xammal kütləsinə görə) 4,5...5,0% təmin edən optimal şərtlər müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: yem, küləş, elektrokimyəvi işlənmə, elektrod, elektroliz, xammal.

Küləş taxıl istehsalının tarla qalığıdır. Bitkiçilikdə küləşin əsas hissəsi ya torpaqda yandırılır, ya da xırdalanmış vəziyyətdə torpağa qatılır. Heyvandarlıqda küləşin əsas hissəsi döşəmə materialı kimi və az hissəsi xüsusilə yem çatışmamazlığı olduqda yem kimi istifadə olunur. Taxıla daim tələbat olduqca küləş ehtiyatı da artmaqdadır. Adətən bitki qalığı hesab edilən küləşin hektardan götürülən miqdarı hektardan götürülən dənlin miqdarına bərabər hesab edilir. Günəbaxanın bitki qalığı isə daha çox olur [1, 2].

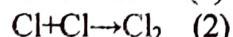
Küləşin heyvandarlıqla az istifadə edilməsinin əsas səbəbi onun həzm olunma səviyyəsinin aşağı olması və xüsusi olaraq hazırlanmamış halda heyvanlar tərəfindən pis yeyilməsidir. Təxminən eyni kalorilikdə 1 kq küləşin 1 kq dənli müqayisədə həzm olunması 3-4 dəfə aşağıdır.

Küləşin kimyəvi tərkibində 30...40% sellüloz, 1,5...3% yağ, 4...7% protein, 40%-ə qədər azotsuz ekstraktiv maddələr və 12%-ə qədər kül vardır. Heyvanlar tərəfindən yağ, protein və az miqdarda sellüloz mənimsənilir ki, bu da qaba yemin energetik bazası hesab olunur. Xüsusi olaraq hazırlanmış küləş heyvan orqanizmi tərəfindən yalnız 30...40% mənimsənilir [3].

Göründüyü kimi küləş karbohidrat mənbəi və potensial yem materialıdır [4, 5, 6]. Küləşin mövcud tədarük miqyası nəzərə alınmaqla onun yem dəyəri 0,4 yem vahidinə çatdırılarsa o zaman onun işlənməsi üçün qurğunun yaradılmasına çəkilən xərclər 1-2 ilə özünü tam ödəyə bilər.

Küləşin elektrokimyəvi işlənməsinin tədqiqi üçün eksperimentin riyazi planlaşdırılması əsasında təcrübələr aparılmış, riyazi model qurulmuşdur. Eksperiment üçün 2...4 sm ölçüdə xırdalanmış buğda, arpa və vələmir küləşi götürülmüşdür. Elektrolit olaraq natrium xlorid məhlulu, elektrod olaraq rəngli metal oksidi ilə örtülmüş titandan hazırlanmış anoddan və titandan

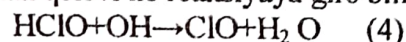
hazırlanmış katoddan istifadə edilmişdir. pH qiyməti HCl və NaOH məhlulları ilə korrektirovka olunmuşdur. Natrium xlorid məhlulunda anodda elektroliz zamanı baş verən proseslər aşağıdakı kimidir:



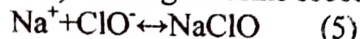
Elektrolit həcmində xlor hidrolizə məruz qalır:



Xloru turşu küləşi oksidləşdirən olub, katod ətrafı mühitdə yaranan qələvi ilə reaksiyaya girə bilər:



bu isə üzvi birləşmələrin digər oksidləşdiricinin (natrium hidroksid) əmələ gəlməsinə səbəb olur:



Elektroliz və işlənmə xammalın təbii şərtlərinin oksidləşmiş məhsul çıxımına təsirinin müəyyən edilməsi – çoxfaktorlu məsələdir. Eksperimentlərin miqdarını azaltmaq məqsədi ilə 3-səviyyəli ortoqonal plan [7] qurulmuşdur. Optimallaşdırma parametri olaraq reduksiya olunan maddənin kütlə payı, faktorlar kimi isə prosesin şərtləri seçilmişdir. Tədqiq olunan faktorlar və onların qiymətləri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1. Faktorların variasiya intervalları və səviyyələri (yuxarı, aşağı, orta) görə qiymətləri

№	Səviyyələr	Səviyyələrə görə faktorların qiymətləri				
		Elektrolitin temperaturu, °C, $X_1$	Elektrolitin pH-ı, $X_2$	Elektrolitin NaCl-nun başlanğıc konsentrasiyası, kq/m <sup>3</sup> , $X_3$	Anod cərəyanı sıxlığı, kA/m <sup>2</sup> , $X_4$	Elektrik miqdarı, kA·saat/kq (xammal), $X_5$
1	Aşağı	50	4,0-6,0	15,0	0,125	0,6
2	Orta	70	6,0-8,0	30,0	0,250	0,9
3	Yuxarı	90	8,0-10,0	45,0	0,500	1,2

Eksperimentin riyazi planlaşdırılmasının matrisinin qurulması üçün  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  üzrə tam 3 səviyyəli faktor eksperimenti yazılmışdır.  $X_4$  – faktorunun səviyyəsini müəyyən etmək üçün 3 modulu üzrə  $X_1$  və  $X_3$  faktor səviyyələri toplanmışdır.  $X_5$  faktorunun səviyyəsi  $X_1$ -faktorun səviyyəsi ilə həmin modul üzrə



$X_3$  -faktor səviyyəsinin iki misli ilə toplanmasından müəyyən edilmişdir. Modulun əsası səviyyələrin sayına bərabər seçilmişdir [7]. Matris 27 eksperimenti əhatə edir.

Riyazi planlaşdırma matrisinə əsasən təcrübələr yerinə yetirilmiş, işlənmə məhsulunun analizi aparılmışdır.

Müxtəlif dənkilərin küləşlərinin analizi keyfiyyətə infraqırmızı spektroskopiyaya (əvvəlcədən işçi məhlulları quru duz alınana qədər buxarlandırma və oksidləşmiş məhsulu karbon dörd xlorə ekstraksiya etməklə. Nümunələrdə qalıq su 1,0%-i keçməmişdir) metodu ilə və miqdarca yerinə yetirilmişdir. Nəticələr cədvəl 2 və şəkil 1...4-də əks olunmuşlar.

Elektrokimyəvi yolla küləşin oksidləşmə şərtlərinin reduksiya olunmuş maddə çıxımına təsirinin öyrənilməsindən alınan nəticələr riyazi üsulla işlənməmişlər.

Alınmış nəticələrin müqayisəli şəkildə qiymətləndirilməsi göstərmişdir ki, müxtəlif dənli bitkilərin küləşin elektrokimyəvi işlənmə prosesinin optimal şərtləri bir çox faktorlar üzrə üstüstdə düşür: elektrolitin 70°C temperaturda buğda küləşi ilə arpa küləşinin işlənməsi pH 8,0-10,0 olduqda, vələmir küləşi pH 4,0-6,0, anod cərəyanı sıxlığı 0,125 kA/m<sup>2</sup>, natrium xloridin elektrolitdə başlanğıc konsentrasiyası 30,0 kq/m<sup>3</sup> və elektrik miqdarı 0,9 kA saat/kq (xammal) olduqda.

Küləş elektrokimyəvi oksidləşdikdən sonra məhluldan çəkilən ekstraktın spektrində geniş 3400 və 1680 sm<sup>-1</sup> və zəif 1080-1100 sm<sup>-1</sup> udma zolaqları müşahidə olunmuşdur. 3400 sm<sup>-1</sup> udma zolaqları hidroksogrupun valent dəyişmələrinə aid edilir. 1620-1680 sm<sup>-1</sup> udma zolaqları karboksil qruplarının assimetrik valent dəyişmələrinə uyğun gəlir. 1080-1100 sm<sup>-1</sup> udma zolaqları -C-O- (efir qruplaşmaları) qruplarının valent dəyişmələrinə cavab verir. Spekrtdə 1420 və 1200-1300 sm<sup>-1</sup> udma zolaqları da vardır. Bunlar hidroksogrup və karbonil qruplarının yastı deformasiya dəyişmələri arasındakı qarşılıqlı təsirlərə uyğun gəlir.

Küləş nümunələrinin elektrokimyəvi işlənməsindən sonra məhlul tərkibində optimal rejimdə xammala nəzərən maksimal qlükoza çıxımı 4,5-5,0 kütlə %-lə müəyyən edilmişdir. Xammala görə xlorun oksigenli birləşməsi (cədvəl 2) və qalıq bərk maddə kütləsi - 60...80 kütlə % olmuş, qalıq bərk maddədə titan və rəngli metal müşahidə olunmamışdır.

Küləş nümunələrinin işlənməsi zamanı elektrolitin pH-dan reduksiya olunmuş maddə çıxımının asılılığı cədvəl 4.6-da verilmişdir. Arpa küləşi və vələmir küləşinin əvvəlcə qələvi sonra isə turş mühitdə işlənməsi daha əlverişlidir. Bu zaman reduksiya maddəsi çıxımı kütlə üzrə 6%-dən çox olur. Bu, sellülozun qələvi mühitdə və sonradan turş mühitdə hidrolizi (liqнинin parçalanması) ilə əlaqəlidir.

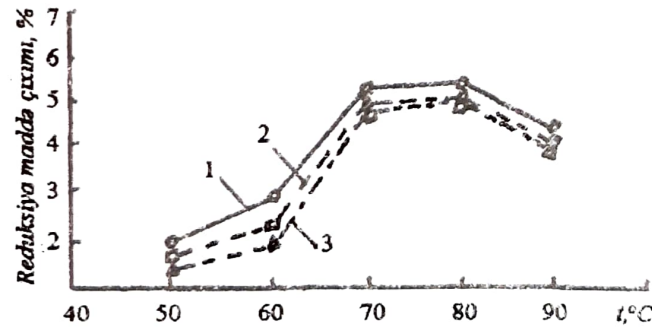
Cədvəl 2. Prosesin digər optimal şərtlərində elektrolitin pH-dan asılı olaraq küləş nüvələrinin işlənmə göstəriciləri

№	pH	Reduksiya maddəsi çıxımı xammal kütləsinə görə %-lə			ClO <sub>2</sub> konsentrasiyası, q/m <sup>3</sup>		
		Buğda küləşi	Arpa küləşi	Vələmir küləşi	Buğda küləşi	Arpa küləşi	Vələmir küləşi
1	4,0...6,0	4,5...4,9	4,4...5,0	6,0...6,2	8...12	7...12	10...13
2	8,0...10,0	2,6...3,2	2,9...3,2	3,0...3,4	24...33	22...33	28...35
3	Ardıcıl olaraq 8,0...10,0 və 4,0...6,0	6,0...6,1	5,0...6,2	6,0...6,3	14...17	14...16	18...19

Arpa küləşinin işlənməsində bir və yaxud iki mərhələli işlənmənin (əvvəlcə qələvi və sonra turş mühitdə) fərqi olmur. Hər iki mərhələnin göstəriciləri uyğun gəlir. Bütün küləş nümunələri 50...60°C-də az miqdarda reduksiya maddə çıxımı (xammal kütləsinə görə 2,5...3,0%) ilə oksidləşir. Reduksiya maddə çıxımı 90°C-də 70°C olduğundan az olur. Görünür bu üzvi birləşmələrin destruktiv oksidləşməsi ilə əlaqəlidir. Maksimum reduksiya maddə çıxımı (xammal kütləsinə görə 6%-dən çox) elektrolitin 80°C temperaturuna uyğun gəlir (şəkil 1).

Digər optimal şərtlər daxilində küləş nümunələri üçün başlanğıc natrium xlorid konsentrasiyasının 30,0 kq/m<sup>3</sup> -dan 15,0 kq/m<sup>3</sup> -ə enməsi (şəkil 2) reduksiya maddə çıxımını bir qədər (xammal kütləsinə görə 0,5...0,7%) artırır və müvafiq olaraq qurğuda gərginliyin artmasına (0,2...0,3 V) və elektrik enerji sərfinin artmasına səbəb olur. Natrium xlorid 30,0 kq/m<sup>3</sup> -dan 45 kq/m<sup>3</sup> -ə qədər artması reduksiya çıxımının dəyişməsinə və qurğuda gərginliyin dəyişməsinə ciddi təsir göstərir. Eksperiment zamanı pH-in korrektirovka olunması və xlorid ionların reduksiyası nəticəsi olaraq natrium xlorid konsentrasiyasının dəyişməsi baş verməmişdir.

Küləş nümunələri üçün maksimum reduksiya maddə çıxımı (xammal kütləsinə görə 6,0%-dən çox) aşağı anod cərəyanı sıxlığı sahəsində alınmışdır (şəkil 3). Anod cərəyanı sıxlığının 0,125 kA/m<sup>2</sup>-dan 0,500 kA/m<sup>2</sup>-a artırıqda reduksiya maddə çıxımı kəskin şəkildə (xammal kütləsinə görə 3,0...4,0%) aşağı düşür.

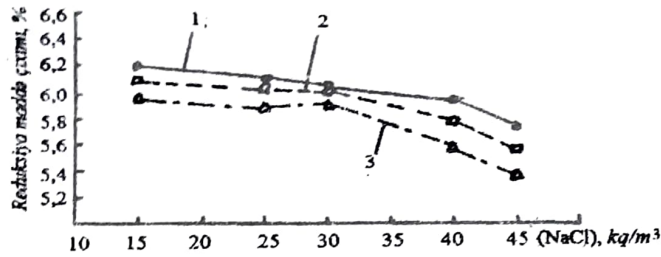


Şəkil 1. Reduksiya maddə çıxımının temperaturdan asılılığı

1- vələmir küləşi; 2- buğda küləşi; 3- arpa küləşi. Buğda və arpa küləşləri üçün pH-8,0...10,0; vələmir küləşi üçün pH-4,0...6,0. Anod cərəyanı sıxlığı 0,125 kA/m<sup>2</sup>; elektrolitdə natrium xlorid konsentrasiyası 30,0 kq/m<sup>3</sup>; elektrik miqdarı 0,9 kA saat/kq xammal.

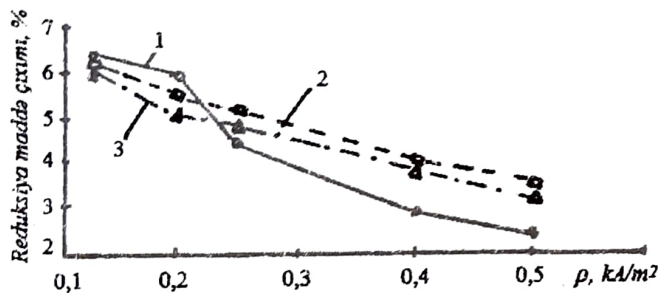


Xlorid məhlulunda anodda xlorun ayrılma potensialı şəraitində küləş materialının anod oksidləşmə prosesi çətinləşir (təcrübi olaraq getmir) və duyulacaq səviyyədə effekt verə bilmir. Reduksiya materialı çıxımının müşahidə olunan azalması mümkündür ki, məhlulda  $\text{ClO}$  ion miqdarının artması və onların sonradan  $\text{ClO}_3$  ionlarına qədər oksidləşməsi ilə əlaqədardır. Qeyd olunan nəticəni anod cərəyan sıxlığı artdıqda məhlulda oksigen birləşməli xlor konsentrasiyasının artması təsdiq edir.



Şəkil 2. Reduksiya maddə çıxımının natrium xlorid konsentrasiyasından asılılığı:

1- vələmir küləşi; 2- buğda küləşi; 3- arpa küləşi. Buğda və arpa küləşləri üçün pH-8,0...10,0; vələmir küləşi üçün pH-4,0...6,0. Temperatur 70°C; anod cərəyanı sıxlığı 0,125 kA/m<sup>2</sup>; elektrik miqdarı 0,9 kA·saat/kq xammal.

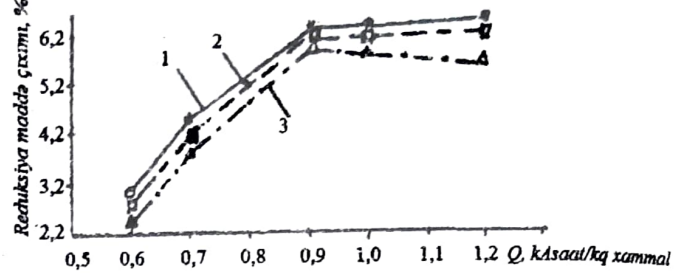


Şəkil 3. Reduksiya maddə çıxımının anod cərəyan sıxlığından asılılığı

1- vələmir küləşi; 2- buğda küləşi; 3- arpa küləşi. Buğda və arpa küləşləri üçün pH-8,0...10,0; vələmir küləşi üçün pH-4,0...6,0. Temperatur 70°C; elektrolitin natrium xlorid konsentrasiyası 30,0 kq/m<sup>3</sup>; elektrik miqdarı 0,9 kA·saat/kq xammal.

Reduksiya materialı çıxımının elektrik miqdarından asılılığının tədqiqi göstərdi ki, 0,6 kA·saat/kq xammal qədər elektrik sərfi bütün nümunədən olan küləşin ağaclaşmasının aradan götürülməsi və hidroliz üçün kifayət deyildir, bu zaman reduksiya materialı çıxımı xammal kütləsinə görə 3,5%-i keçmir (şəkil 4). Elektrik miqdarını 0,9 kA·saat/kq xammaldan 1,2

kA·saat/kq xammala qədər artırmaq reduksiya maddə çıxımına az təsir göstərir (buğda və arpa küləşinin oksidləşməsində artım 0,2...0,4%, vələmir küləşinin oksidləşməsində isə azalma 0,5% təşkil etmişdir), ancaq elektrik enerji sərfinin xeyli artmasına səbəb olur.



Şəkil 4. Reduksiya maddə çıxımının elektrik miqdarından asılılığı  
1- vələmir küləşi; 2- buğda küləşi; 3- arpa küləşi. Buğda və arpa küləşləri üçün pH-8,0...10,0; vələmir küləşi üçün pH-4,0...6,0. Temperatur 70°C. Anod cərəyanı sıxlığı 0,125 kA/m<sup>2</sup>; elektrolitin natrium xlorid konsentrasiyası 30,0 kq/m<sup>3</sup>.

Elektrik miqdarının xeyli artması halında reduksiya maddə çıxımının az dəyişməsinə elektrolit həcmində üzvi maddələrin destruktiv oksidləşmə prosesi ilə əlaqələndirmək olar.

Məhlulda oksigen birləşməli xlor konsentrasiyası demək olar ki, işlənən küləş növündən təcrübi olaraq asılı olmur. Oksidləşmə prosesinin optimal şərtlərində (cədvəl 2) məhlulda  $\text{ClO}_3$  ion miqdarı 0,008 kq/m<sup>3</sup>-dən (turş mühit) 0,350 kq/m<sup>3</sup>-ə qədər (qələvi mühit) dəyişmişdir. Bütün növ küləş nümunələrinin işlənməsi zamanı  $\text{ClO}$  ionlarının konsentrasiyası 0,001 kq/m<sup>3</sup>-i keçməmişdir. Anod cərəyan sıxlığı, natrium xlorid konsentrasiyası, keçən elektrik miqdarı, elektrolitin pH-ı artdıqda temperaturun azalması elektrolitdə xlorun oksigenli birləşmələri miqdarı artır.

Beləliklə təcrübi tədqiqatlarla, dənli bitkilərin küləşinin eksperimental sxemə əsaslanan qurğuda elektrokimyəvi işlənməsi zamanı yüksək reduksiya maddə çıxımı (xammal kütləsinə görə %-lə) 6,0...6,3%, o cümlədən qlükoza (xammal kütləsinə görə %-lə) 4,5...5,0% təmin edən optimal şərtlər müəyyən edilmişdir. Bu zaman  $\text{ClO}^-$  ionları konsentrasiyası 0,001 kq/m<sup>3</sup>-dən az,  $\text{ClO}_3^-$  ionları isə 0,014...0,019 kq/m<sup>3</sup> olmuşdur.

## ƏDƏBİYYAT

1. Ивахненко В. Корзинки и стебли подсолнечника в комбикормах // Животноводство России. 2011, №9, с.61. 2. Использование малоценного растительного сырья и отходов в кормлении сельскохозяйственных животных // АПК Эксперт, 2011, №1-2, с.52. 3. Бурмага А.В. Научные основы анализа эффективности приготовления кормов на фермах КРС // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. Благовещенск, 2005, вып. 11, с.176-183. 4. Солома как источник углеводов: [www.selhozkorina.ru/grubiekorma/soloma/54-soloma-kak-yglevod](http://www.selhozkorina.ru/grubiekorma/soloma/54-soloma-kak-yglevod).2013. 5. Трофимов А.Н., Белоусов А.М. Получение углеводно-белкового корма на основе соломы // Химия растительного сырья. 2003, №4, с.69-72. 6. Фаритов Т.А. Корма и кормовые добавки для

## Исследование электрохимической обработки соломы

С.О.Мамедова

В статье указана значимость соломы при скормливание животных и дан его химический состав. С целью повышения питательности соломы для исследования электрохимической обработки были проведены опыты на основе математического планирования эксперимента и построена математическая модель. Для эксперимента были взяты измельченная до 2...4 см солома пшеницы, ржи и овса. В результате экспериментальных исследований при электрохимической обработке соломы на экспериментальной установке были определены оптимальные условия выхода продукции высокой редукции (по массе сырья) 6,0...6,3%, в том числе глюкозы 4,5...5,0%.

**Ключевые слова:** корм, солома, электрохимическая обработка электрод, электролиз, сырье.

## Investigation of electrochemical treatment of straw

S.O.Mammadova

The article shows the importance of straw when feeding animals and don its chemical composition. In order to improve the nutrient capacity of straw for the study of electrochemical treatment, experiments were carried out on the basis of mathematical design of the experiment and a mathematical model was constructed. For the experiment, straw harvested up to 2 ... 4 cm of wheat, rye and oats is taken. As a result of experimental studies in the electrochemical treatment of straw, the optimal conditions for the output of high-reduction products (by mass of raw materials) 6.0 ... 6.3%, including glucose 4.5 ... 5.0%, were determined in the experimental setup.

**Key words:** feed, straw, electrochemical treatment of electrode, electrolysis, raw materials.